

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 3826710 A1

⑤1 Int. Cl. 4:  
F04D 19/04

②1 Aktenzeichen: P 38 26 710.1  
②2 Anmeldetag: 5. 8. 88  
④3 Offenlegungstag: 16. 2. 89

Behördeneigentum

DE 3826710 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
07.08.87 JP P 62-196464 11.04.88 JP P 63-87395

⑦1 Anmelder:  
Japan Atomic Energy Research Institute; Mitsubishi  
Jukogyo K.K.; Mitsubishi Genshiryoku Kogyo K.K.,  
Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:  
Henkel, G., Dr.phil.; Feiler, L., Dr.rer.nat.; Hänzel, W.,  
Dipl.-Ing.; Kottmann, D., Dipl.-Ing. Pat.-Anwälte,  
8000 München

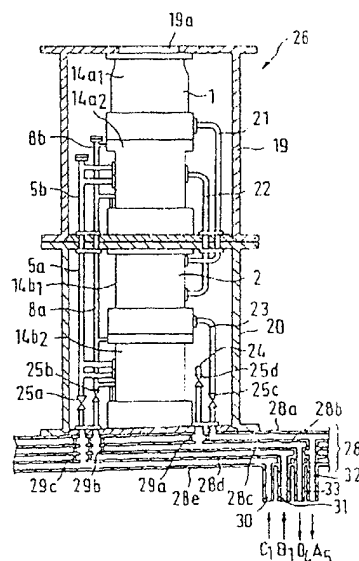
⑦2 Erfinder:  
Abe, Tetsuya, Naka, Ibaraki, JP; Murakami, Yoshio,  
Mito, Ibaraki, JP; Hikita, Kazuo; Osawa, Harushige;  
Otani, Yuji; Hata, Satoshi, Hiroshima, JP; Matsuoka,  
Fushiki, Chiyoda, Tokio/Tokyo, JP; Ioki, Kimihiro,  
Minato, Tokio/Tokyo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vakuumpumpe

Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe zur Verwendung in einer Nuklearfusionsanlage. Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe umfaßt eine Vielzahl von Vakuumpumpeneinheiten, die jeweils einzeln in Gehäuseblöcke verkapselt sind und mit ihren Gehäuseblöcken in ein gemeinsames Außengehäuse eingesetzt sind. Die einzelnen Vakuumpumpeneinheiten können für unterschiedliche Evakuiergeschwindigkeiten ausgelegt sein, so daß die erfindungsgemäße Pumpe an die jeweiligen Lasterfordernisse bestens angepaßt ist. Durch die Mehrzahl der Pumpeneinheiten kann der Durchmesser der aus sprödem Keramikmaterial bestehenden Laufschaufeln des Turbomolekularteils relativ gering gehalten werden, so daß die Gefahr einer Zerstörung dieser Schaufeln entsprechend gering ist. Sollte eine solche Zerstörung dennoch auftreten, verhindert die verkapselte Einbettung der jeweiligen Vakuumpumpeneinheiten eine Beeinträchtigung benachbarter Pumpeneinheiten. Das Außengehäuse sorgt in diesem Fall dafür, daß eventuell in der zerstörten Pumpeneinheit vorhandenes radioaktives Gas nicht in die Umgebung ausströmen kann. Vorteilhafterweise ist es weiterhin vorgesehen, die Hohlräume in der Pumpe, etwa zwischen dem Außengehäuse und den einzelnen Verkapselungsgehäusen mit einer Kühlflüssigkeit, wie etwa Wasser zu füllen, das gleichzeitig als Strahlenschutzmantel dient.

FIG.1



DE 3826710 A1

1. Vakuumpumpe, gekennzeichnet durch eine Mehrzahl von Vakuumpumpeneinheiten, die in einem Außengehäuse angeordnet sind, das mit einer Ansaugöffnung in seinem oberen Abschnitt versehen ist, wobei jede der Vakuumpumpeneinheiten zweistufig aus einem oberen und einem unteren Innengehäuseblock aufgebaut ist, in denen ein Pumpenelement angeordnet ist, das aus einer Turbomolekularpumpe besteht, mit einem Rotationskörper, Gaslagern zum drehbaren Lagern des Rotationskörpers, Mehrstufen-Laufschaufeln, die am Rotationskörper vorgesehen sind, einer Rotationskörper-Antriebsgasturbine, die an dem Rotationskörper vorgesehen ist, und Zylinderkörpern, welche die jeweiligen Teile umschließen, sowie einer Rotationspumpe mit einem Rotationskörper, einem stationären Hohlkörper, an dessen Innenumfangswandung Schraubengewinde ausgebildet sind, Gaslagern zum drehbaren Lagern des letztgenannten Rotationskörpers innerhalb des stationären Hohlkörpers, einer Rotationskörper-Antriebsgasturbine, die an dem letztgenannten Rotationskörper vorgesehen ist, und Zylinderkörpern, welche die jeweiligen Teile umschließen, wobei weiterhin vorgesehen sind eine Antriebsgas-Zuführrohrleitung zum Zuführen eines Antriebsgases an die Gasturbinen der Turbomolekularpumpe und der Rotationspumpe, eine Traggas-Zuführrohrleitung zum Zuführen eines Rotationskörpertraggases an die Gaslager in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe, eine Gasüberführungsrohrleitung von der Turbomolekularpumpe an eine Ansaugöffnung der Rotationspumpe, eine Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung sowie eine weitere Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von den Gasturbinen und den Gaslagern in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung.

2. Vakuumpumpe, gekennzeichnet durch eine Mehrzahl von Vakuumpumpeneinheiten, die in einem Außengehäuse angeordnet sind, das mit einer Ansaugöffnung in seinem oberen Abschnitt versehen ist, wobei jede der Vakuumpumpeneinheiten aus einem Innengehäuseblock aufgebaut ist, der in seinem unteren Abschnitt eine Ansaugöffnung aufweist, und in welchem ein Pumpenelement angeordnet ist, das aus einer Turbomolekularpumpe besteht, mit einem Rotationskörper, Gaslagern zum drehbaren Lagern des Rotationskörpers, Mehrstufen-Laufschaufeln, die am Rotationskörper vorgesehen sind, einer Rotationskörper-Antriebsgasturbine, die an dem Rotationskörper vorgesehen ist, und Zylinderkörpern, welche die jeweiligen Teile umschließen, sowie einer Rotationspumpe mit einem Rotationskörper, einem stationären Hohlkörper, an dessen Innenumfangswandung Schraubengewinde ausgebildet sind, Gaslagern zum drehbaren Lagern des letztgenannten Rotationskörpers innerhalb des stationären Hohlkörpers, einer Rotationskörper-Antriebsgasturbine, die an dem letztgenannten Rotationskörper vorgesehen ist, und Zylinderkörpern, welche die jeweiligen Teile umschließen, wobei weiterhin vorgesehen sind eine Antriebsgas-Zuführrohrleitung zum Zuführen eines Antriebsgases an die Gasturbinen der Turbo-

molekularpumpe und der Rotationspumpe, eine Traggas-Zuführrohrleitung zum Zuführen eines Rotationskörpertraggases an die Gaslager in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe, eine Gasüberführungsrohrleitung von der Turbomolekularpumpe an eine Ansaugöffnung der Rotationspumpe, eine Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung sowie eine weitere Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von den Gasturbinen und den Gaslagern in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung.

3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch ein Strahlungsabschirm-Material, das in den Raumabschnitt eingefüllt ist, der von dem Rotationskörper und dem Innengehäuseblock bestimmt ist oder von dem Raumabschnitt, der bestimmt ist von dem Innengehäuseblock und dem Außengehäuse.

4. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die rotierenden Teile in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe aus Keramik bestehen.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, die für den Einsatz in einer Kernfusionsanlage oder dergl. ausgelegt ist.

In Fig. 9 ist eine bekannte Vakuumpumpe für den Einsatz in einer Kernfusionsanlage dargestellt. In dieser Figur ist mit 01 eine Turbomolekularpumpe bezeichnet, mit 02 eine Rotationspumpe, mit 014a ein oberes Gehäuse der Turbomolekularpumpe 01, mit 014b ein oberes Gehäuse der Rotationspumpe 02 und mit 014c ein unteres Gehäuse, das gemeinsam für die Turbomolekularpumpe 01 und die Rotationspumpe 02 vorgesehen ist.

Zunächst soll die Turbomolekularpumpe 01 näher beschrieben werden. Das Bezugszeichen 01a betrifft einen Rotationskörper, 01b Mehrstufen-Laufschaufeln, die am oberen Abschnitt des Rotationskörpers 01a vorgesehen sind, 01c mehrstufig angeordnete, feststehende Schaufeln, die mit der Innenwandungsfläche des oberen Gehäuses 014a, den Mehrstufen-Laufschaufeln 01b gegenüberliegend fest verbunden sind, 03 eine kontaktlose bzw. nicht berührende Dichtung, die den Rotationskörper 01a umgibt, um das obere Gehäuse 014a und das untere Gehäuse 014c miteinander zu verbinden, 04 ein oberes Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des unteren Gehäuses 014c angebracht ist, 06 ein unteres Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des unteren Gehäuses 014c in einer tieferen Stellung angebracht ist als das obere Radialgaslager 04, 05 eine Gasturbine, die mit dem Boden des Rotationskörpers 01a fest verbunden ist, 05a eine Antriebsgas-Zuführöffnung, die einen unteren Wandungsabschnitt des unteren Gehäuses 014c durchsetzt und in die Gasturbine 05 mündet, 07, 07 bodenseitige Schubgaslager, die an der unteren Innenwandungsfläche des unteren Gehäuses 014c der Gasturbine 05 gegenüberliegend angebracht sind, wobei der Rotationskörper durch das obere Radialgaslager 04, das untere Radialgaslager 06 und die bodenseitigen Schubgaslager 07, 07 drehbar gelagert ist. Weiterhin betrifft das Bezugszeichen 08 eine Traggaszuführöffnung, die in der Bodenwandung des unteren Gehäuses 014c ausgebildet ist. Unter den vorstehend aufgeführten Bestandteilen (der Molekularpumpe) bestehen

die rotierenden Teile aus Keramik.

Es folgt eine Beschreibung der Rotationspumpe. Das Bezugszeichen 02a betrifft einen Rotationskörper, 02b und 02c jeweils feststehende Hohlkörper, an deren Innenumfangflächen Schraubengewinde ausgebildet sind, die an der Innenwandungsfläche des oberen Gehäuses fest angebracht sind, und in die der Rotationskörper 02a drehbar eingesetzt ist. Das Bezugszeichen 09 betrifft ein oberes Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des unteren Gehäuses 014c angebracht ist, 011 ein unteres Radialgaslager, das an die Innenwandungsfläche des unteren Gehäuses 014c in einer tieferen Stellung als das obere Radialgaslager 09 angebracht ist, 010 eine Gasturbine, die fest mit dem Boden des Rotationskörpers 02a verbunden ist, 012, 012 bodenseitige Schubgaslager, die an dem unteren Innenwandungsflächenabschnitt des unteren Gehäuses 014c, der Gasturbine gegenüberliegend angebracht sind, wobei der Rotationskörper 02a drehbar durch das obere Radialgaslager 09, das untere Radialgaslager 011 und die Bodenschubgaslager 012, 012 gelagert ist. Weiterhin ist mit 010a ein Gasüberleitungsdurchgang bezeichnet, über welchen die Gasturbine 05 mit der Gasturbine 010 in Verbindung steht, mit 015 ein Gasüberleitungsdurchgang, über welchen die Umgebung des Rotationskörpers 01a rechts oberhalb des oberen Radialgaslagers 04 mit der Umgebung des Rotationskörpers 02a rechts oberhalb des feststehenden Hohlkörpers 02c in Verbindung steht. Unter den vorstehend aufgeführten Bestandteilen der Rotationspumpe bestehen die rotierenden Teile aus Keramik.

Nachfolgend wird der Betriebsablauf der in Fig. 9 gezeigten Vakuumpumpe, für den Einsatz in einer Nuklearfusionsanlage beschrieben. Das Traggas  $B_1$  wird den Radialgaslagern 04 und 06 und den Schubgaslagern 07, 07 der Turbomolekularpumpe 1 und den Radialgaslagern 09 und 011 und den Schubgaslagern 012, 012 der Rotationspumpe 02 durch die Traggaszuführöffnung 08 zugeführt, um dadurch den Rotationskörper 01a der Turbomolekulargaspumpe 01 und den Rotationskörper 02a der Rotationspumpe 02 drehbar zu lagern. Weiterhin wird der Gasturbine 05 durch die Antriebsgaszuführöffnung 05a ein Antriebsgas 05a zugeführt, um den Rotationskörper 01a und die Mehrstufen-Laufschaufeln 01b der Turbomolekularpumpe 01, die sich durch eine Hochvakuum-Evakuierfähigkeit auszeichnet, mit einer hohen Geschwindigkeit drehanzutreiben. Andererseits wird das Antriebsgas  $C_1$  von dem Bereich der Gasturbine 05 durch den Gasüberleitungsdurchgang an die Gasturbine 010 geleitet, um den Rotationskörper 02a der Rotationspumpe 02, die sich durch eine Niedrigvakuum-Evakuierfähigkeit auszeichnet, mit einer hohen Geschwindigkeit drehanzutreiben, so daß das Gas auf der Seite der Saugöffnung der Turbomolekularpumpe 01 in die Richtung der Pfeile ( $A_1$ )  $\rightarrow$  ( $A_2$ )  $\rightarrow$  ( $A_3$ ) evakuiert bzw. abgesaugt wird, und daß die Saugöffnungsseite der Molekularpumpe 01 auf ein hohes Vakuum evakuiert bzw. abgesaugt wird. Zu diesem Zeitpunkt wird an der Auslaß- bzw. Absaugöffnungsseite der Rotationspumpe 02 unter einem Druck stehendes Gas mit einem Druck nahe am Atmosphärendruck auslassen.

Die Vakuumpumpe für den Einsatz in einer Nuklearfusions-Anlage gemäß dem in der Fig. 9 dargestellten Stand der Technik ist mit folgenden Nachteilen behaftet:

(I) Die rotierenden Teile der Turbomolekularpumpe 01 bestehen aus Keramik (einer Keramik aus

sprödem Material bzw. aus einer spröden Keramik, die jedoch hervorragende Eigenschaften bezüglich Magnetfeldwiderstandsfähigkeit, thermischer Stabilität und Korrosionsfestigkeit besitzt). Deshalb können mit Hinblick auf eine mechanische Drehfestigkeit sowie das Formen und Sintern von (Pumpen-) Teilen die Mehrstufen-Laufschaufeln 01b nur unter Schwierigkeiten mit großen Abmessungen hergestellt werden, wodurch einer Erhöhung der Evakuierfähigkeit im Hochvakuumbereich eine Grenze gesetzt ist.

(II) Da das durch die Traggaszuführöffnung 08 zu den Radialgaslagern 04 und 06 und die Schubgaslager 07, 07 der Turbomolekularpumpe 01 und zu den Radialgaslagern 09 und 011 und die Schubgaslager 012, 012 der Rotationspumpe 02 geleitete Traggas  $B_1$  in die Außenumgebung des unteren Gehäuses 014c ausgeleitet wird, besteht die Gefahr, daß innerhalb der Vakuumpumpe vorliegendes radioaktives Gas zusammen mit dem Traggas  $B_1$  in die Außenumgebung ausgeleitet wird.

(III) Da die rotierenden Teile der Turbomolekularpumpe 01 und der Rotationspumpe 02 aus Keramik spröden Materials, bzw. aus spröder Keramik hergestellt sind, ist die Wahrscheinlichkeit ihrer Zerstörung im Vergleich zu einer Vakuumpumpe hoch, deren rotierenden Teile aus einem metallischen Material bestehen, wobei bei einer Zerstörung der rotierenden Teile die Gehäuse 014a und 014b ebenfalls zerstört werden, wodurch die Gefahr besteht, daß in der Vakuumpumpe enthaltenes radioaktives Gas in die Umgebung austreten kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, eine neue Vakuumpumpe zu schaffen, mit der eine hohe Evakuiergeschwindigkeit erreichbar ist, welche in einer Nuklearfusions-Anlage erforderlich ist, mit der ein in einen Hochvakuumbereich eingesaugtes Gas druckmäßig nahe bis an den Atmosphärendruck angehoben werden kann, mit der weiterhin eine Zerstörung von rotierenden Teilen und das Austreten von radioaktivem Gas in die Außenumgebung verhindert werden kann, so daß die Betriebssicherheit der Vakuumpumpe verbessert wird. Weiterhin soll der Betrieb mit beliebiger Evakuiergeschwindigkeit, im Bereich von einer hohen bis zu einer niedrigen Evakuiergeschwindigkeit ermöglicht werden, um die Anpassung an die jeweilige Last zu optimieren.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind zwei unterschiedliche Aufbauweisen der Vakuumpumpe vorgesehen.

So sieht die erste Lösungsform eine Vakuumpumpe vor mit einer Mehrzahl von Vakuumpumpeneinheiten, die in einem Außengehäuse angeordnet sind, das mit einer Ansaugöffnung in seinem oberen Abschnitt versehen ist, wobei jede der Vakuumpumpeneinheiten zweistufig aus einem oberen und einem unteren Innengehäuseblock aufgebaut ist, in denen ein Pumpenelement angeordnet ist, das aus einer Turbomolekularpumpe besteht, mit einem Rotationskörper, Gaslagern zum drehbaren Lagern des Rotationskörpers, Mehrstufen-Laufschaufeln, die am Rotationskörper vorgesehen sind, einer Rotationskörper-Antriebsgasturbine, die an dem Rotationskörper vorgesehen ist, und Zylinderkörpern, welche die jeweiligen Teile umschließen, sowie einer Rotationspumpe mit einem Rotationskörper, einem stationären Hohlkörper, an dessen Innenumfangwandung Schraubengewinde ausgebildet sind, Gaslagern zum drehbaren Lagern des letztgenannten Rotationskörpers

innerhalb des stationären Hohlkörpers, einer Rotationskörper-Antriebsgasturbine, die an dem letztgenannten Rotationskörper vorgesehen ist, und Zylinderkörpern, welche die jeweiligen Teile umschließen, wobei weiterhin vorgesehen sind eine Antriebsgas-Zuführrohrleitung zum Zuführen eines Antriebsgases an die Gasturbinen der Turbomolekularpumpe und der Rotationspumpe, eine Traggas-Zuführrohrleitung zum Zuführen eines Rotationskörpertragsgases an die Gaslager in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe, eine Gasüberführungsrohrleitung von der Turbomolekularpumpe an eine Ansaugöffnung der Rotationspumpe, eine Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung sowie eine weitere Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von den Gasturbinen und den Gaslagern in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung.

Die zweite Lösungsform sieht eine Vakuumpumpe vor mit einer Mehrzahl von Vakuumpumpeneinheiten, die in einem Außengehäuse angeordnet sind, das mit einer Ansaugöffnung in seinem oberen Abschnitt versehen ist, wobei jede der Vakuumpumpeneinheiten aus einem Innengehäuseblock aufgebaut ist, der in seinem unteren Abschnitt eine Ansaugöffnung aufweist, und in welchem ein Pumpenelement angeordnet ist, das aus einer Turbomolekularpumpe besteht, mit einem Rotationskörper, Gaslagern zum drehbaren Lagern des Rotationskörpers, Mehrstufen-Laufschaufeln, die am Rotationskörper vorgesehen sind, einer Rotationskörper-Antriebsgasturbine, die an dem Rotationskörper vorgesehen ist, und Zylinderkörpern, welche die jeweiligen Teile umschließen, sowie einer Rotationspumpe mit einem Rotationskörper, einem stationären Hohlkörper, an dessen Innenumfangswandung Schraubengewinde ausgebildet sind, Gaslagern zum drehbaren Lagern des letztgenannten Rotationskörpers innerhalb des stationären Hohlkörpers, einer Rotationskörper-Antriebsgasturbine, die an dem letztgenannten Rotationskörper vorgesehen ist, und Zylinderkörpern, welche die jeweiligen Teile umschließen, wobei weiterhin vorgesehen sind eine Antriebsgas-Zuführrohrleitung zum Zuführen eines Antriebsgases an die Gasturbinen der Turbomolekularpumpe und der Rotationspumpe, eine Traggas-Zuführrohrleitung zum Zuführen eines Rotationskörpertragsgases an die Gaslager in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe, eine Gasüberführungsrohrleitung von der Turbomolekularpumpe an eine Ansaugöffnung der Rotationspumpe, eine Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung sowie eine weitere Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von den Gasturbinen und den Gaslagern in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung.

Gemäß einer vorteilhaften Ausbildung der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe ist ein Strahlungsabschirm-Material in den Raumabschnitt eingefüllt, der von dem Rotationskörper und dem Innengehäuseblock bestimmt ist oder von dem Raumabschnitt, der bestimmt ist von dem Innengehäuseblock und dem Außengehäuse.

Der Betriebsablauf der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe sieht wie folgt aus: ein Rotationskörper-Traggas wird von der Traggas-Zuführrohrleitung an die Gaslager in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe zugeführt, so daß der Rotationskörper der Mehrstufen-Laufschaufeln in der Turbomolekularpumpe

ebenso drehgelagert wird wie der Rotationskörper der Rotationspumpe. Zusätzlich wird ein Antriebsgas von der Antriebsgas-Zuführrohrleitung an die Gasturbinen in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe zugeführt, so daß der Rotationskörper und die Mehrstufen-Laufschaufeln in der für eine hohe Evakuierfähigkeit ausgelegten Turbomolekularpumpe mit einer hohen Geschwindigkeit drehangetrieben wird, und so daß der Rotationskörper der für eine niedrige Evakuiergeschwindigkeit ausgelegten Rotationspumpe mit einer hohen Geschwindigkeit angetrieben wird. Dadurch wird das Gas auf der Seite der Ansaugöffnung der Turbomolekularpumpe ausgeleitet an die externe Rohrleitung entlang der Strecke Turbomolekularpumpe → Gasüberführungsrohrleitung → Rotationspumpe → die eine Gasauslaßrohrleitung. Hierdurch wird die Seite der Ansaugöffnung der Turbomolekularpumpe auf ein hohes Vakuum evakuiert bzw. ausgepumpt, während die Auslaßöffnungsseite der Rotationspumpe auf einen Druck nahe dem Atmosphärendruck gebracht wird. Zu diesem Zeitpunkt wird das Abgas von den Gasturbinen und den Gaslagern in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe durch die weitere Gasauslaßrohrleitung an die externe Rohrleitung ausgelassen.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Vakuumpumpe wird erreicht, daß selbst dann, wenn der Durchmesser der aus sprödem Material bestehenden Mehrstufen-Laufschaufeln der Turbomolekularpumpe reduziert wird, eine hohe Evakuiergeschwindigkeit realisierbar ist, wie sie in einer Nuklearfusionsanlage erforderlich ist, während das von einem Hochvakuumbereich abgesaugte Gas auf einen Druck nahe dem Atmosphärendruck angehoben werden kann. Da also eine Durchmesserreduzierung der Laufschaufeln ohne Leistungsverlust möglich ist, kann die Gefahr einer Zerstörung der aus sprödem Material bestehenden Laufschaufeln erheblich herabgesetzt werden, was der Betriebssicherheit der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe zugute kommt. Selbst dann, wenn eine Zerstörung der Laufschaufeln auftreten sollte, führt dies nicht zu einer Beeinträchtigung der benachbarten Vakuumpumpeneinheiten, da jede dieser Einheiten in einem Innengehäuseblock verkapselt ist. Bruchstücke der havarierten Laufschaufeln aus einer der Vakuumeinheiten können damit also nicht in die intakten Vakuumeinheiten eindringen. Da weiterhin ein sämtliche Vakuumpumpeneinheiten umschließendes Außengehäuse vorgesehen ist, kann auch ein gegebenenfalls in der havarierten Pumpeneinheit vorhandenes radioaktives Gas nicht in die Pumpenumgebung austreten. Auch dies trägt entscheidend zu der hohen Betriebssicherheit der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe bei.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe besteht darin, daß verschiedene der Vakuumeinheiten für unterschiedliche Evakuierleistungen bzw. -geschwindigkeiten ausgelegt sein können, wodurch die Pumpe in flexibler Weise für unterschiedliche oder schwankende Lasten einsetzbar ist.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert werden; in dieser zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Längsschnitts einer bevorzugten Ausführungsform einer Vakuumpumpeneinheit der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe,

Fig. 2 eine Draufsicht auf einen Querschnitt einer vollständigen Anordnung der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe,

Fig. 3 eine Seitenansicht eines Längsschnitts derselben Vakuumpumpe,

Fig. 4 eine Seitenansicht eines vergrößerten Längsschnitts zur Darstellung von Einzelheiten der Vakuumpumpe in Fig. 1.

Fig. 5 eine Seitenansicht eines Längsschnitts einer weiteren bevorzugten Ausführungsform einer Vakuumpumpeneinheit der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe.

Fig. 6 eine Draufsicht auf einen Teilquerschnitt der Vakuumpumpeneinheiten derselben Vakuumpumpe.

Fig. 7 eine Seitenansicht eines Längsschnitts dieser Vakuumpumpe.

Fig. 8 eine Draufsicht auf diese Vakuumpumpe, und

Fig. 9 eine Seitenansicht eines Längsschnitts der Vakuumpumpe gemäß dem Stand der Technik.

Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe wird nachfolgend anhand der Fig. 1 bis 4 beschrieben.

Anhand der Fig. 1 bis 3 wird zunächst der allgemeine Aufbau der Vakuumpumpe beschrieben, wobei das Bezugszeichen 1 eine Turbomolekularpumpe betrifft, 14a<sub>1</sub> und 14a<sub>2</sub> jeweils untere und obere Zylinderkörper der Turbomolekularpumpe 1, 19 einen Innengehäuseblock (die obere von zwei Stufen oberer und unterer Innengehäuseblöcke), der die oberen und unteren Zylinderkörper 14a<sub>1</sub> und 14a<sub>2</sub> der Turbomolekularpumpe 1 umschließt, 19a eine Ansaugöffnung, die im Kopfteil des Innengehäuseblocks 19 vorgesehen ist, 2 eine Rotationspumpe, 14b<sub>1</sub> und 14b<sub>2</sub> jeweils obere und untere Zylinderkörper dieser Rotationspumpe 2, 20 einen Innengehäuseblock (die untere der beiden Stufen der oberen und unteren Innengehäuseblöcke), der die oberen und unteren Zylinderkörper 14b<sub>1</sub> und 14b<sub>2</sub> der Rotationspumpe 2 umschließt, wobei die beiden Stufen der oberen und unteren Innengehäuseblöcke 19 und 20 zu einer Vakuumpumpeneinheit 26 vereinigt sind. Weiterhin betrifft das Bezugszeichen 27 ein Außengehäuse, 27a eine Ansaugöffnung, die am Kopfteil des Außengehäuses 27 vorgesehen ist, wobei eine Mehrzahl von Vakuumpumpeneinheiten 26 innerhalb des Außengehäuses 27 regelmäßig angeordnet ist (s. Fig. 2 und 3).

Nachfolgend werden Einzelheiten der vorstehend erwähnten Vakuumpumpeneinheit 26 anhand von Fig. 4 näher erläutert.

Zunächst soll die Turbomolekularpumpe 1 erläutert werden, bei welcher das Bezugszeichen 1a einen Rotationskörper betrifft, 1b Mehrstufen-Laufschaufeln, die mit dem oberen Abschnitt dieses Rotationskörpers 1a fest verbunden sind, 1c feststehende Mehrstufen-Schaukeln, die mit der Innenwandungsfläche des oberen Zylinderkörpers 14a<sub>1</sub>, den Mehrstufen-Laufschaufeln 1b gegenüberliegend, fest verbunden sind, 1d einen Scheibenteil, der mit dem Boden des Rotationskörpers 1a fest verbunden ist, 3 eine kontaktlose bzw. nicht berührende Dichtung, die den Rotationskörper 1a umschließt, um den oberen Zylinderkörper 14a<sub>1</sub> von dem unteren Zylinderkörper 14a<sub>2</sub> abzutrennen, 4 ein oberes Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des unteren Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> angebracht ist, 8b<sub>1</sub> eine Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des unteren Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> durchsetzt und in das obere Radialgaslager 4 mündet, 6 ein unteres Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des unteren Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> in einer Stellung unterhalb des oberen Radialgaslagers 4 angebracht ist, 8b<sub>2</sub> eine weitere Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des unteren Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> durchsetzt und in das untere Radialgaslager 6 mündet, 5, 5 Gasturbinen, die mit dem Mittelabschnitt des Rotationskörpers 1a fest verbunden sind, 5b<sub>1</sub>, 5b<sub>1</sub> Antriebsgas-Zuführöffnungen, welche die Wandung des unteren Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> durchsetzen und in die jeweiligen

Gasturbinen 5 münden, 5b<sub>2</sub>, 5b<sub>2</sub> Gasauslaßöffnungen, welche die Wandung des unteren Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> durchsetzen und in die Außenseite dieses unteren Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> münden, 7, 7 bodenseitige Schubgaslager, welche an die untere Innenwandungsfläche des unteren Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub>, dem Scheibenteil 1d gegenüberliegend angebracht sind, 8b<sub>3</sub> eine Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des unteren Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> durchsetzt und in den bodenseitigen Schubgaslager 7 mündet, wobei der Rotationskörper 1a durch das obere Radialgaslager 4, das untere Radialgaslager 6 und die bodenseitigen Schubgaslager 7, 7 drehbar gelagert ist. Weiterhin sind die jeweiligen, vorstehend beschriebenen Teile von dem Innengehäuseblock 19 umschlossen, von denen die rotierenden Teile aus Keramik bestehen.

Nachfolgend wird die Rotationspumpe 2 näher beschrieben, bei welcher das Bezugszeichen 2a einen Rotationskörper betrifft, 2b einen statischen oder feststehenden Hohlkörper, an dessen Innenumfangsfläche Schraubengewinde ausgebildet sind, 2d einen Scheibenteil, der mit dem Boden des Rotationskörpers 2a fest verbunden ist, wobei der statische Hohlkörper 2b fest mit der Innenwandungsfläche des oberen Zylinderkörpers 14b<sub>1</sub> verbunden ist, und wobei der Rotationskörper 2a drehbar in den statischen Hohlkörper 2b eingesetzt ist. Das Bezugszeichen 9 betrifft ein oberes Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des unteren Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> angebracht ist, 8a<sub>1</sub> eine Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des unteren Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> durchsetzt und in das obere Radialgaslager 9 mündet, 11 ein unteres Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des unteren Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> in einer Stellung unterhalb des oberen Radialgaslagers 9 angebracht ist, 8a<sub>2</sub> eine weitere Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des unteren Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> durchsetzt und in das untere Radialgaslager 11 mündet, 10, 10 Gasturbinen, die mit einem Mittelabschnitt des Rotationskörpers 2a fest verbunden sind, 5a<sub>1</sub>, 5a<sub>1</sub> Antriebsgas-Zuführöffnungen, welche die Wandung des unteren Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> durchsetzen und in die jeweiligen Gasturbinen 10 münden, 5a<sub>2</sub>, 5a<sub>2</sub> Gasauslaßöffnungen, welche die Wandung des unteren Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> durchsetzen und in die Außenseite des unteren Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> münden, 12, 12 bodenseitige Schubgaslager, die an der Innenwandungsfläche des unteren Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> dem Scheibenteil 2d gegenüberliegend angebracht sind, 8a<sub>3</sub> eine Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des unteren Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> durchsetzt und in die bodenseitigen Schubgaslager 12 mündet, wobei der Rotationskörper 2a durch das obere Radialgaslager 9, das untere Radialgaslager 11 und die bodenseitigen Schubgaslager 12 drehbar gelagert ist. Die vorstehend beschriebenen Teile werden von dem Innengehäuseblock 20 umschlossen, von denen die rotierenden Teile aus Keramik bestehen.

Weiterhin betreffen die Bezugszeichen 5a und 5b in Fig. 4 Antriebsgas-Zuführrohrleitungen zum Zuführen eines Antriebsgases an die Gasturbinen 5 und 10 der Turbomolekularpumpe 1 und der Rotationspumpe 2, 25a ein Automatikventil, das in der Antriebsgas-Zuführrohrleitung 5a vorgesehen ist, wobei die Antriebsgas-Zuführrohrleitung 5a mit den jeweiligen Antriebsgas-Zuführöffnungen 5a<sub>1</sub> in Verbindung steht, und wobei die Antriebsgas-Zuführrohrleitung 5b mit den jeweiligen Antriebsgas-Zuführöffnungen 5b<sub>1</sub> in Verbindung steht. Weiterhin betreffen die Bezugszeichen 8a und 8b Traggas-Zuführrohrleitungen zum Zuführen eines Rota-

tionskörper-Traggases an die Gaslager der Turbomolekularpumpe und der Rotationspumpe 2, 25b ein Automatikventil, das in der Traggas-Zuführrohrleitung 8a vorgesehen ist, wobei die Traggas-Zuführrohrleitung 8a mit den Traggas-Zuführöffnungen 8a<sub>1</sub>, 8a<sub>2</sub> und 8a<sub>3</sub> in Verbindung stehen, und wobei die Traggas-Zuführrohrleitung 8b mit den Traggas-Zuführöffnungen 8b<sub>1</sub>, 8b<sub>2</sub> und 8b<sub>3</sub> in Verbindung stehen. Das Bezugszeichen 21 betrifft eine Gasüberführungsrohrleitung zum Überführen eines Abgases aus der Turbomolekularpumpe 1 zu der Ansaugöffnung der Rotationspumpe 2, 22 eine Gasüberführungsrohrleitung zum Überführen eines Gases zu der Rotationspumpe 2, das zwischen der kontaktfreien Dichtung 3 und dem Radialgaslager 4 eingeschlossen ist, 23 eine Gasauslaßrohrleitung zum Überführen eines Abgases von der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung, 25c ein Automatikventil, das in der Gasauslaßrohrleitung 23 vorgesehen ist, 24 eine weitere Gasauslaßrohrleitung zum Überführen eines Abgases von der Gasturbine 5 und den Gaslagern 4, 6 und 7 der Turbomolekularpumpe 1 sowie von der Gasturbine 10 und den Gaslagern 9, 11 und 12, der Rotationspumpe 2 an eine externe Rohrleitung, und 25d ein Automatikventil, das in der Gasauslaßrohrleitung 24 vorgesehen ist.

Weiterhin betrifft das Bezugszeichen 28 in den Fig. 1 und 3 eine Gaszuführ-/Auslaßeinheit, die unterhalb des Außengehäuses 27 vorgesehen ist. Diese Gaszuführ-/Auslaßeinheit 28 ist zusammengesetzt aus Mehrschichten-Flachplatten 28a–28e sowie Trennplatten 29a–29c, einer Antriebsgas-Zuführrohrleitung 30, die in Verbindung steht mit den Antriebsgas-Zuführrohrleitungen 5a und 5b, einer Traggas-Zuführleitung 31, die in Verbindung steht mit den Traggas-Zuführrohrleitungen 8a und 8b, einer Gasauslaßrohrleitung 32, die in Verbindung steht mit der einen Gasauslaßrohrleitung 23, und einer weiteren Gasauslaßrohrleitung 33, die in Verbindung steht mit der weiteren Gasauslaßrohrleitung 24.

Nachfolgend wird der Betriebsablauf der Vakuumpumpe anhand der Fig. 1 bis 4 im einzelnen beschrieben.

Ein Traggas B<sub>1</sub> wird von der Traggas-Zuführrohrleitung 31 der Zuführ-/Auslaßeinheit 28 entlang der Strecke Traggas-Zuführrohrleitung 8a → Traggas-Zuführöffnungen 8a<sub>1</sub>, 8a<sub>2</sub> und 8a<sub>3</sub> an die Radialgaslager 9 und 11 und die Schubgaslager 12, 12 der Rotationspumpe 2 überführt (s. Pfeile B<sub>1</sub> → B<sub>2</sub> → B<sub>2</sub>). Außerdem wird dieses Gas von der Traggas-Zuführrohrleitung 8a entlang der Strecke Traggas-Zuführrohrleitung 8b → Traggas-Zuführöffnungen 8b<sub>1</sub>, 8b<sub>2</sub> und 8b<sub>3</sub> an die Radialgaslager 4 und 6 und die Schubgaslager 7, 7 der Turbomolekularpumpe 1 überführt (s. Pfeile B<sub>1</sub> → B<sub>2</sub> → B<sub>4</sub>). Hierdurch werden der Rotationskörper 1a der Turbomolekularpumpe 1 ebenso wie der Rotationskörper 2a der Rotationspumpe 2 drehbar gelagert. Weiterhin wird ein Antriebsgas C<sub>1</sub> von der Antriebsgas-Zuführrohrleitung 30 der Gas-Zuführ-/Auslaßeinheit 28 entlang der Strecke Antriebsgas-Zuführrohrleitung 5a → Antriebsgas-Zuführöffnungen 5a<sub>1</sub>, 5a<sub>2</sub> an die Gasturbine 10 der Rotationspumpe überführt (s. Pfeile C<sub>1</sub> → C<sub>2</sub> → C<sub>3</sub>). Außerdem wird dieses Gas von der Antriebsgas-Zuführrohrleitung 5a entlang der Strecke Antriebsgas-Zuführrohrleitung 5b → Antriebsgas-Zuführöffnungen 5b<sub>1</sub>, 5b<sub>2</sub> an die Gasturbine 5 der Turbomolekularpumpe 1 überführt (s. Pfeile C<sub>1</sub> → C<sub>2</sub> → C<sub>4</sub>). Hierdurch werden der Rotationskörper 1a und die Mehrstufen-Laufschalen 1b der Turbomolekularpumpe 1 mit einer hohen Geschwindigkeit drehangetrieben, welche für eine hohe Evakuierleistung ausgelegt ist. Außerdem wird hierdurch der Rotationskörper 2a der Rotationspumpe 2

mit einer hohen Geschwindigkeit drehangetrieben, welche für eine niedrige Evakuierleistung ausgelegt ist. Zu diesem Zeitpunkt wird das Gas auf der Seite der Ansaugöffnung 27a des Außengehäuses 27 evakuiert bzw. abgesaugt entlang der Strecke Turbomolekularpumpe 1 → Gasüberführungsrohrleitung 21 → Rotationspumpe 1 → die eine Gasauslaßrohrleitung 23 an die weitere Gasauslaßrohrleitung 32 der Gas-Zuführ-/Auslaßeinheit 28 (s. Pfeile A<sub>1</sub> → A<sub>2</sub> → A<sub>3</sub> → A<sub>4</sub> → A<sub>5</sub> → A<sub>6</sub>). Außerdem wird das zwischen der kontaktfreien Dichtung 3 und dem Radialgaslager 4 eingeschlossene Gas durch die Gasüberführungsrohrleitung 22 an die Rotationspumpe 2 überführt (s. Pfeile A<sub>7</sub> → A<sub>8</sub>), um dann zusammen mit dem ersterwähnten Abgas durch die eine Gasauslaßrohrleitung 23 an die eine Gasauslaßrohrleitung der Gas-Einlaß-/Auslaßeinheit 28 entladen zu werden. Hierdurch wird die Seite der Saugöffnung 19a der Vakuumpumpeneinheit 26 auf eine hohes Vakuum abgesaugt bzw. evakuiert. In diesem Zeitpunkt wird aufseiten der Auslaßöffnung der Rotationspumpe 2 ein Gas mit einem Druck nahe dem Atmosphärendruck abgelassen. Weiterhin wird das den Gaslagern 9, 11 und 12, 12 zugeführte Traggas der Rotationspumpe 2 und das der Gasturbine 10 der Rotationspumpe 2 zugeführte Antriebsgas von den Auslaßöffnungen 5a<sub>2</sub>, 5a<sub>2</sub> durch die weitere Gasauslaßrohrleitung 24 an die weitere Gasauslaßrohrleitung 33 der Gas-Zuführ-/Auslaßeinheit 28 ausgeleitet (s. Pfeile D<sub>1</sub> → D<sub>3</sub> → D<sub>4</sub>). Ebenso wird das den Gaslagern 4, 6 und 7, 7 der Turbomolekularpumpe 1 und das der Gasturbine 5 der Turbomolekularpumpe 1 zugeführte Traggas von den Gasauslaßöffnungen 5b<sub>2</sub>, 5b<sub>2</sub> durch die weitere Gasauslaßrohrleitung 24 der weiteren Gasauslaßrohrleitung 33 der Gas-Einlaß-/Auslaßeinheit 28 ausgeleitet (s. Pfeile D<sub>2</sub> → D<sub>3</sub> → D<sub>4</sub>). Obwohl der vorstehend beschriebene Betriebsablauf lediglich anhand einer einzigen der im Außengehäuse 27 enthaltenen Vakuumpumpeneinheiten (26) geschildert ist, ist der geschilderte Betriebsablauf auch für die anderen im Außengehäuse 27 enthaltenen Vakuumpumpeneinheiten ein ähnlicher.

Nachfolgend wird eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe anhand der Fig. 5 bis 8 beschrieben.

Zunächst wird der allgemeine Aufbau der Vakuumpumpe erläutert. Das Bezugszeichen 1 betrifft eine Turbomolekularpumpe, 14a<sub>1</sub> und 14a<sub>2</sub> jeweils obere und untere Zylinderkörper der Turbomolekularpumpe, 19 einen Innengehäuseblock, welcher die oberen und unteren Zylinderkörper 14a<sub>1</sub> und 14a<sub>2</sub> der Turbomolekularpumpe 1 umschließt, 19a eine Ansaugöffnung, die am Boden des Innengehäuseblocks 19 vorgesehen ist, 2 eine Rotationspumpe, 14b<sub>1</sub> und 14b<sub>2</sub> jeweils obere und untere Zylinderkörper der Rotationspumpe 2.

Während der die Turbomolekularpumpe 1 umschließende Innengehäuseblock 19 und der andere, die Rotationspumpe 2 umschließende Innengehäuseblock bei der vorstehend beschriebenen Ausführungsform zur Ausbildung einer Pumpeneinheit 26 übereinandergesetzt angeordnet sind, sind in dieser alternativen Ausführungsform die Turbomolekularpumpe 1 und die Rotationspumpe 2 waagerecht angeordnet und miteinander zur Ausbildung einer Vakuumpumpeneinheit 26 betriebsmäßig verbunden.

In den Fig. 7 und 8 betrifft das Bezugszeichen 27 ein Außengehäuse, 27a eine Ansaugöffnung, die an einer Seitenfläche des Außengehäuses 27 vorgesehen ist, während eine Mehrzahl (nämlich zehn im dargestellten Ausführungsbeispiel) von Vakuumpumpeneinheiten re-



gelmäßig im Außengehäuse 27 angeordnet sind.

Nachfolgend werden Einzelheiten der Vakuumpumpeneinheit 26 anhand der Fig. 5 erläutert.

Zunächst wird die Turbomolekularpumpe 1 näher beschrieben. Das Bezugszeichen 1a betrifft einen Rotationskörper der Turbomolekularpumpe 1, 1b Mehrstufen-Laufschaufeln, die mit dem unteren Abschnitt des Rotationskörpers 1a fest verbunden sind, 1c feststehende Mehrstufen-Schaukeln, die mit der Innenwandungsfläche des unteren Zylinderkörpers 14a<sub>1</sub>, den mehrstufigen Laufschaufeln 1b gegenüberliegend fest verbunden sind, 1d einen Scheibenteil, der mit dem Kopfteil des Rotationskörpers 1a fest verbunden ist, 3 eine kontaktlose Dichtung, die den Rotationskörper 1a umschließt und den unteren Zylinderkörper 14a<sub>1</sub> von dem oberen Zylinderkörper 14a<sub>2</sub> abtrennt, 4 ein unteres Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> angebracht ist, 8b<sub>1</sub> eine Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des oberen Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> durchsetzt und in dem unteren Radialgaslager 4 mündet, 6 ein oberes Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des oberen Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> in einer höheren Stellung als das untere Radialgaslager 4 angebracht ist, 8b<sub>2</sub> eine weitere Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des oberen Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> durchsetzt und in dem oberen Radialgaslager 6 mündet, 5, 5 Gasturbinen, die mit dem Mittelabschnitt des Rotationskörpers 1a fest verbunden sind, 5b<sub>1</sub>, 5b<sub>1</sub> Turbinen-antriebsgas-Zuführöffnungen, welche die Wandung des oberen Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> durchsetzen und in den jeweiligen Gasturbinen 5 münden, 5b<sub>2</sub> eine Gasauslaßöffnung, welche die Wandung des oberen Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> durchdringt und an die Außenseite des oberen Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> mündet, 7, 7 Schubgaslager die kopfteilseitig an der unteren Innenwandungsfläche des oberen Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub>, dem Scheibenteil 1d gegenüberliegend angebracht sind, 8b<sub>3</sub> eine Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des oberen Zylinderkörpers 14a<sub>2</sub> durchdringt und in die kopfteilseitigen Schubgaslager münden, wobei der Rotationskörper 1a durch das untere Radialgaslager 4, das obere Radialgaslager 6 und die kopfteilseitigen Schubgaslager 7, 7 drehbar gelagert ist. Weiterhin sind die vorstehend beschriebenen Teile von dem Innengehäuseblock 19 umschlossen, von denen die rotierenden Teile aus Keramik bestehen.

Nachfolgend soll die Rotationspumpe 2 näher beschrieben werden.

Das Bezugszeichen 2a betrifft einen Rotationskörper, 2b einen statischen oder feststehenden Hohlkörper, an dessen Innenumfangsfläche Schraubengewinde ausgebildet sind, 2d einen Scheibenteil, der mit dem Kopfteil des Rotationskörpers 2a fest verbunden ist, wobei der Hohlkörper 2b mit der Innenwandungsfläche des unteren Zylinderkörpers 14b<sub>1</sub> fest verbunden ist, und wobei der Rotationskörper 2a drehbar in den statischen Hohlkörper 2b eingepaßt ist. Weiterhin betrifft das Bezugszeichen 9 ein unteres Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des oberen Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> angebracht ist, 8a<sub>1</sub> eine Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des oberen Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> durchsetzt und in das untere Radialgaslager 9 mündet, 11 ein oberes Radialgaslager, das an der Innenwandungsfläche des oberen Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> in einer Stellung oberhalb des unteren Radialgaslagers 9 angebracht ist, 8a<sub>2</sub> eine Traggas-Zuführöffnung, welche die Wandung des oberen Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> durchsetzt und in das obere Radialgaslager 11 mündet, 10, 10 Gasturbinen, die mit

dem Mittelabschnitt des Rotationskörpers 2a fest verbunden sind, 5a<sub>1</sub>, 5a<sub>1</sub> Antriebsgas-Zuführöffnungen, welche die Wandung des oberen Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> durchsetzen und in den jeweiligen Gasturbinen 10 münden, 5a<sub>2</sub>, 5a<sub>2</sub> Gasauslaßöffnungen, welche die Wandung des oberen Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> durchsetzen und in die Außenseite des oberen Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> münden, 12, 12 kopfteilseitige Schubgaslager, die an der oberen Innenwandungsfläche des oberen Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> angebracht sind, 8a, eine Traggasauslaßöffnung, welche die Wandung des oberen Zylinderkörpers 14b<sub>2</sub> durchsetzen und in die kopfteilseitigen Schubgaslager 12, 12 münden, wobei der Rotationskörper 2a durch das untere Radialgaslager 9, das obere Radialgaslager 11 und die kopfteilseitigen Schubgaslager 12, 12 drehbar gelagert ist. Weiterhin sind die vorstehend beschriebenen Teile durch den Innengehäuseblock 19 umschlossen, von denen die rotierenden Teile aus Keramik bestehen.

Weiterhin betreffen die Bezugszeichen 5a und 5b in Fig. 5 Antriebsgas-Zuführrohrleitungen zum Zuführen eines Antriebsgases jeweils zu den Turbinen 5 und 10 der Turbomolekularpumpe 1 und der Rotationspumpe 2, 25 ein Automatikventil, das in der Antriebsgas-Zuführrohrleitung 5a vorgesehen ist, die in Verbindung steht mit den jeweiligen Antriebsgas-Zuführöffnungen 5a<sub>1</sub>, während die Gaszuführrohrleitung 5b in Verbindung steht mit den jeweiligen Antriebsgas-Zuführöffnungen 5b<sub>1</sub>. Weiterhin betreffen die Bezugszeichen 8a und 8b Traggas-Zuführrohrleitungen zum Zuführen eines Rotationskörper-Traggases an die Gaslager der Turbomolekularpumpe 1 und die Rotationspumpe 2, 25b ein Automatikventil, das in der Traggas-Zuführrohrleitung 8a vorgesehen ist, welche in Verbindung steht mit den Traggas-Zuführöffnungen 8a<sub>1</sub>, 8a<sub>2</sub> und 8a<sub>3</sub>, während die Traggas-Zuführrohrleitung 8b in Verbindung steht mit den Traggas-Zuführöffnungen 8b<sub>1</sub>, 8b<sub>2</sub> und 8b<sub>3</sub>. Weiterhin betrifft das Bezugszeichen 21 eine Gasüberführungsleitung zum Leiten eines Abgases von der Turbomolekularpumpe 1 zu der Ansaugöffnung der Rotationspumpe 2, 22 eine Gasüberführungsleitung zum Leiten eines zwischen der kontaktlosen Dichtung 3 und dem Radialgaslager 4 eingeschlossenen Gases an die Rotationspumpe 2, 23 eine Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von der Rotationspumpe 2 an eine externe Rohrleitung, 25c ein Automatikventil, das in der Gasauslaßrohrleitung 23 vorgesehen ist, 24 eine weitere Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von der Gasturbine 5 und den Gaslagern 4, 6 und 7 in der Turbomolekularpumpe 1 und von der Gasturbine 10 und den Gaslagern 9, 11 und 12 in der Rotationspumpe 2 zu einer externen Rohrleitung, 25d ein Automatikventil, das in der Gasauslaßrohrleitung 24 vorgesehen ist.

Das Bezugszeichen 28 in den Fig. 5 und 8 betrifft eine Gas-Zuführ-/Auslaßeinheit, die an der Seitenfläche des Außengehäuses 27 vorgesehen ist, und die zusammengesetzt ist aus Mehrlagen-Flachplatten 28a–28e, Trennplatten 29a–29c, einer Antriebsgas-Zuführrohrleitung 30, die in Verbindung steht mit den Antriebsgas-Zuführrohrleitungen 5a und 5b, einer Traggas-Zuführrohrleitung 31, die in Verbindung steht mit den Traggas-Zuführrohrleitungen 8a und 8b, einer Gasauslaßrohrleitung 32, die in Verbindung steht mit der einen Gasauslaßrohrleitung 23, und einer weiteren Gasauslaßrohrleitung, die in Verbindung steht mit der weiteren Gasauslaßrohrleitung 24.

Nachfolgend wird der Betriebsablauf der Vakuumpumpe anhand der Fig. 5 bis 8 näher beschrieben.

Ein Traggas B<sub>1</sub> wird von der Traggas-Zuführrohrlei-

tung 31 in der Gas-Zuführ-/Auslaßeinheit 28 den Radialgaslagern 9 und 11 und den Schubgaslagern 12, 12 in der Rotationspumpe 2 zugeführt entlang der Strecke Traggas-Zuführrohrleitung 8a  $\rightarrow$  Traggas-Zuführöffnungen 8a<sub>1</sub>, 8a<sub>2</sub> und 8a<sub>3</sub> (s. Pfeile  $B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow B_3$ ). Außerdem wird dieses Gas von der Traggas-Zuführrohrleitung 8a den Radialgaslagern 4 und 6 und den Schubgaslagern 7, 7 der Turbomolekularpumpe 1 zugeführt entlang der Strecke Traggas-Zuführrohrleitung 8b  $\rightarrow$  Traggas-Zuführöffnungen 8b<sub>1</sub>, 8b<sub>2</sub> und 8b<sub>3</sub> (s. Pfeile  $B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow B_4$ ). Hierdurch werden der Rotationskörper 1a der Turbomolekularpumpe 1 und der Rotationskörper 2a der Rotationspumpe drehbar gelagert. Weiterhin wird ein Antriebsgas  $C_1$  von der Antriebsgas-Zuführrohrleitung 30 in der Gas-Zuführ-/Auslaßeinheit 27 der Gasturbine 10 in der Rotationspumpe 2 zugeführt entlang der Strecke Antriebsgas-Zuführrohrleitung 5a<sub>1</sub>, 5a<sub>1</sub> (s. Pfeile  $C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow C_3$ ). Außerdem wird dieses Gas von der Antriebsgas-Zuführrohrleitung 5a an die Gasturbine 5 in der Turbomolekularpumpe 1 zugeführt entlang der Strecke Antriebsgas-Zuführrohrleitung 5b  $\rightarrow$  Antriebsgas-Zuführöffnungen 5b<sub>1</sub>, 5b<sub>1</sub> (s. Pfeile  $C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow C_4$ ). Hierdurch werden mit hoher Geschwindigkeit drehangetrieben der Rotationskörper 1a und die Mehrstufen-Laufschau-feln 1b der Turbomolekularpumpe 1, die eine Hochvakuum-Evakuierfähigkeit aufweist. Weiterhin wird mit hoher Geschwindigkeit drehangetrieben der Rotationskörper 2a der Rotationspumpe 2, die eine Niedrigvakuum-Evakuierfähigkeit aufweist. Zu diesem Zeitpunkt wird das Gas auf der Seite der Ansaugöffnung 27a des Außengehäuses 27 ausgeleitet an die eine Gasauslaßrohrleitung 32 in der Gas-Zuführ-/Auslaßeinheit 28 entlang der Strecke Turbomolekularpumpe 1  $\rightarrow$  Gasüberführungsrohrleitung 21  $\rightarrow$  Rotationspumpe 2  $\rightarrow$  die eine Gasauslaßrohrleitung 23 (s. Pfeile  $A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow A_3 \rightarrow A_4 \rightarrow A_5 \rightarrow A_6$ ). Auch das zwischen der kontaktfreien Dichtung 3 und dem Radialgaslager 4 eingeschlossene Gas wird durch die Gasüberführungsrohrleitung 22 an die Rotationspumpe 2 überführt und gemeinsam mit dem erstgenannten Abgas ausgeleitet an die eine Gasauslaßrohrleitung 32 in der Gas-Zuführ-/Auslaßeinheit 28 über die eine Gasauslaßrohrleitung 23, um die Seite der Ansaugöffnung 19a der Vakuumpumpeneinheit 26 auf ein hohes Vakuum zu bringen. Zu diesem Zeitpunkt wird auf der Seite der Auslaßöffnung der Rotationspumpe 3 das Gas mit einem nahe am Atmosphärendruck liegenden Druck ausgeleitet. Zusätzlich werden das Traggas, das den Gaslagern 9, 11 und 12, 12 in der Rotationspumpe 2 zugeführt wird und das Antriebsgas, das der Gasturbine der Rotationspumpe 2 zugeführt wird, von den Gasauslaßöffnungen 5a<sub>2</sub>, 5a<sub>2</sub> ausgeleitet durch die weitere Gasauslaßrohrleitung 24 an die weitere Gasauslaßrohrleitung 33 in der Gas-Zuführ-/Auslaßeinheit 28 (s. Pfeile  $D_1 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4$ ). Außerdem werden das Traggas, das den Gaslagern 4, 6 und 7, 7 in der Turbomolekularpumpe zugeführt wird, und das Antriebsgas, das der Gasturbine 5 in der Turbomolekularpumpe 1 zugeführt wird, von den Gasauslaßöffnungen 5b<sub>2</sub>, 5b<sub>2</sub> ausgeleitet durch die weitere Gasauslaßrohrleitung 24 zu der weiteren Gasauslaßrohrleitung 33 in der Gas-Zuführ-/Auslaßeinheit 28 (s. Pfeile  $D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4$ ). Während die vorstehend beschriebenen Betriebsabläufe eine einzige Vakuumpumpeneinheit 26 innerhalb des Außengehäuses 27 betreffen, laufen ähnliche Betriebsabläufe in den jeweils weiteren Vakuumpumpeneinheiten 26 ab, die in dem Außengehäuse 27 angeordnet sind. In dem Falle, daß die erfindungsgemäße Vakuumpumpe an einem Ort zum Einsatz gelangt, an dem radioaktive Substanzen gehandhabt werden, ist es vorgesehen, ein Strahlenabschirm-Material zu verwenden, wie beispielsweise Wasser, das von einer (nicht dargestellten) Zuführöffnung entweder dem Raumabschnitt zugeführt wird, der zwischen den Rotationskörpern 1a, 2a und den Innengehäuseblöcken 19, 20 ausgebildet ist, oder dem Raumabschnitt, der zwischen den Innengehäuseblöcken 19, 20 und dem Außengehäuse 27 ausgebildet ist, wobei der jeweilige Raumabschnitt (mit Wasser) aufgefüllt wird, um gleichzeitig die Strahlungen abzuschirmen und die Kühlung dieser Gehäuse zu besorgen. In diesem Fall werden die Gasauslaßöffnungen 5a<sub>2</sub> und 5a<sub>2</sub> über eine (nicht dargestellte) Gasauslaßrohrleitung an eine Gasauslaßleitung außerhalb der Innengehäuseblöcken 19, 20 angeschlossen.

Wie vorstehend im einzelnen beschrieben, zeichnet sich eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe aus durch eine Mehrzahl von Vakuumpumpeneinheiten, die innerhalb eines Außengehäuses (gleichmäßig) angeordnet sind, das in seinem oberen Abschnitt mit einer Ansaugöffnung versehen ist, wobei jede der Vakuumpumpeneinheiten zweistufig aufgebaut ist aus oberen und unteren Innengehäuseblöcken und einem Pumpenelement, das in den Innengehäuseblöcken angeordnet ist. Dieses Pumpenelement besteht aus einer Turbomolekularpumpe mit einem Rotationskörper, der Gaslagern zur drehbaren Lagerung des Rotationskörpers, und Mehrstufen-Laufschau-feln, die an dem Rotationskörper vorgesehen sind. An dem Rotationskörper ist eine Rotationskörper-Antriebsgasturbine vorgesehen, und Zylinderkörper umschließen die jeweiligen Teile. Weiterhin ist eine Rotationspumpe vorgesehen mit einem Rotationskörper, einem feststehenden Hohlkörper, an dessen Innenumfangsfläche Schraubengewinde ausgebildet sind, und Gaslager zur drehbaren Lagerung des zuletzt erwähnten Rotationskörpers innerhalb des feststehenden Hohlkörpers. An dem zuletzt erwähnten Rotationskörper ist eine Rotationskörper-Antriebsgasturbine vorgesehen, wobei Zylinderkörper die jeweiligen Teile umschließen. Weiterhin ist vorgesehen eine Antriebsgas-Zuführrohrleitung zum Zuführen eines Antriebsgases an die Gasturbinen in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe, sowie eine Traggas-Zuführrohrleitung zum Zuführen eines Rotationskörper-Traggases an die Gaslager in der Turbomolekularpumpe. In der Rotationspumpe ist eine Gasüberführungsrohrleitung vorgesehen zum Leiten eines Abgases von der Turbomolekularpumpe an eine Ansaugöffnung der Rotationspumpe, sowie eine Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung und eine weitere Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von den Gasturbinen in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung. Selbst dann, wenn die aus sprödem Material bestehenden Laufschau-feln in der Turbomolekularpumpe bezüglich ihres Durchmessers reduziert werden, kann eine hohe Evakuierungsgeschwindigkeit erzielt werden, wie sie in einer Nuklearfusionsanlage erforderlich ist, und das aus einem Hochvakuumbereich abgesaugte Gas kann auf einen Druck nahe dem Atmosphärendruck angehoben werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß eine Zerstörung der, wie vorstehend ausgeführt durchmesserreduzierten Laufschau-feln eben deshalb vermieden wird, so daß die Betriebssicherheit der Vakuumpumpe (im Vergleich zum Stand der Technik) gesteigert ist. Und selbst dann, wenn die Laufschau-feln doch zerstört



werden sollten, werden wegen des diese umschließen- den Innengehäuseblocks Bruchstücke der Laufschaufeln nicht in die benachbarte Vakuumpumpeneinheit geschleudert. Da weiterhin die jeweiligen bzw. sämtliche Vakuumpumpeneinheiten von einem Außengehäuse umschlossen sind, kann das Austreten eines radioaktiven Gases in die Umgebung verhindert werden, so daß die Pumpe auch unter diesem Aspekt wesentlich sicherer ist als die Vakuumpumpe nach dem Stand der Technik.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe besteht darin, daß verschiedene Vakuumpumpeneinheiten mit unterschiedlichen Evakuiergeschwindigkeiten innerhalb des Außengehäuses angeordnet werden können, wobei diese Vakuumpumpeneinheiten in ausgewählter Weise einsetzbar sind, so daß die Vakuumpumpe mit jeder gewünschten Evakuiergeschwindigkeit von einer hohen bis zu einer niedrigen Evakuiergeschwindigkeit betrieben werden kann. Mit anderen Worten kann die derart ausgerüstete erfindungsgemäße Vakuumpumpe an wechselnde Lasten angepaßt werden.

Wie vorstehend im einzelnen beschrieben, zeichnet sich eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe aus durch eine Mehrzahl von Vakuumpumpeneinheiten, die in dem mit einer Ansaugöffnung versehenen Außengehäuse regelmäßig angeordnet sind und jeweils bestehen aus einem Innengehäuseblock und einem Pumpelement, das innerhalb des Innengehäuseblocks angeordnet ist und an seinem unteren Abschnitt eine Ansaugöffnung aufweist. Die Pumpeneinheit ist aufgebaut aus einer Turbomolekularpumpe mit einem Rotationskörper, Gaslagern zur drehbaren Lagerung des Rotationskörpers, Mehrstufen-Laufschaufeln, die am Rotationskörper vorgesehen sind, einer Rotationskörper-Antriebsgasturbine, die an dem Rotationskörper vorgesehen ist, und Zylinderkörpern, welche die jeweiligen Teile umschließen. Weiterhin ist eine Rotationspumpe vorgesehen mit einem Rotationskörper, einem stationären Hohlkörper, an dessen Innenumfangsfläche Schraubengewinde ausgebildet sind, Gaslagern zum drehbaren Lagern des Rotationskörpers innerhalb des stationären Hohlkörpers, einer Rotationskörper-Antriebsturbine, die an dem Rotationskörper vorgesehen ist, und Zylinderkörpern, welche die jeweiligen Teile umschließen. Eine Antriebsgas-Zuführrohrleitung dient zum Zuführen von Antriebsgas an die Gasturbinen in der Turbomolekularpumpe, eine Traggas-Zuführrohrleitung zum Leiten eines Rotationskörpertragsgases an die Gaslager in der Turbomolekularpumpe und in der Rotationspumpe. Weiterhin sind vorgesehen eine Gasüberführungsrohrleitung zum Leiten von Abgas von der Turbomolekularpumpe an die Ansaugöffnung der Rotationspumpe, eine Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung und eine weitere Gasauslaßrohrleitung zum Leiten eines Abgases von den Gasturbinen und den Gaslagern in der Turbomolekularpumpe und der Rotationspumpe an eine externe Rohrleitung. Selbst dann, wenn die aus einem spröden Material bestehenden Laufschaufeln in der Turbomolekularpumpe bezüglich ihres Durchmessers reduziert werden, kann eine hohe Evakuiergeschwindigkeit erzielt werden, wie sie in einer Nuklearfusionsanlage oder einer ähnlichen Anlage erforderlich ist, und das von einem Hochvakuumbereich angesaugte Gas kann bezüglich seines Druckes auf einen nahe am Atmosphärendruck liegenden Druck angehoben werden. Da weiterhin, wie vorste-

hend ausgeführt, die aus sprödem Material bestehenden Laufschaufeln bezüglich ihres Durchmessers reduziert werden können, kann eine Zerstörung der Laufschaufeln vermieden werden (eine Zerstörungsgefahr also vermieden werden, die bei Laufschaufeln großen Durchmessers stets besteht), ebenso wie ein Eindringen von Fremdmaterial, so daß die Sicherheit der Vakuumpumpe (im Vergleich zu derjenigen nach dem Stand der Technik) entschieden erhöht ist. Selbst dann, wenn die Laufschaufeln doch zerstört werden sollten, können, wegen dem Vorhandensein des Innengehäuseblocks Bruchstücke der Laufschaufeln nicht in die benachbarte Vakuumpumpeneinheit eindringen. Da die jeweiligen Vakuumpumpeneinheiten weiterhin von einem Außengehäuse umschlossen sind, wird ein Entweichen von radioaktivem Gas an die Umgebung verhindert, was ebenfalls entscheidend zu einem sicheren Pumpenbetrieb beiträgt.

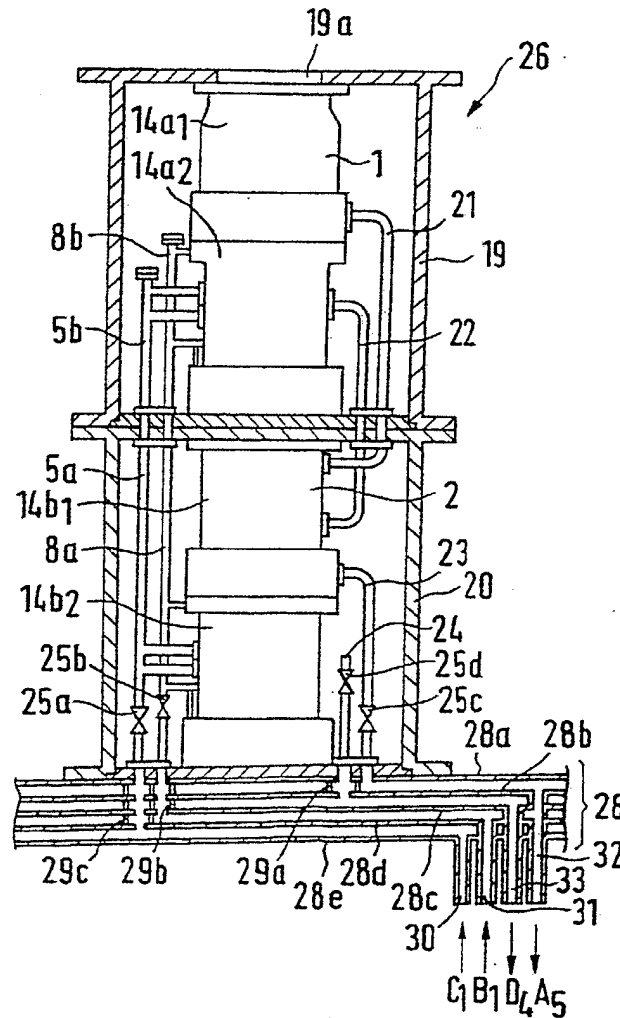
Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe besteht darin, daß verschiedene Vakuumpumpeneinheiten mit unterschiedlichen Evakuiergeschwindigkeiten innerhalb des Außengehäuses angeordnet werden können, wobei diese Vakuumpumpeneinheiten in ausgewählter Weise einsetzbar sind, so daß die Vakuumpumpe mit jeder gewünschten Evakuiergeschwindigkeit, von einer hohen bis zu einer niedrigen Evakuiergeschwindigkeit, betrieben werden kann. Mit anderen Worten kann die derart ausgerüstete erfindungsgemäße Vakuumpumpe an wechselnde Lasten angepaßt werden.

Vorteilhaft ist schließlich auch, daß ein gleichzeitiges Abschirmen von radioaktiver Strahlung und Kühlen des Gehäuses dadurch erzielt wird, daß ein Strahlungsabschirmmaterial, wie beispielsweise Wasser oder dergleichen in den Raumabschnitt eingefüllt wird, der zwischen der Turbomolekular- sowie der Rotationspumpe oder dergleichen und dem Innengehäuseblock besteht oder in den Raumabschnitt, der zwischen dem Innengehäuseblock und dem Außengehäuse der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe besteht, die zur Handhabung von radioaktivem Material verwendet wird.

3826710

1/7

FIG. 1



ACHESNORTH

2/7

3826710

FIG. 2

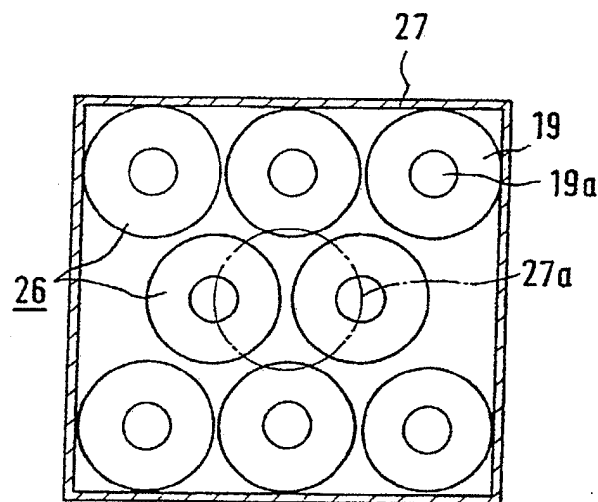
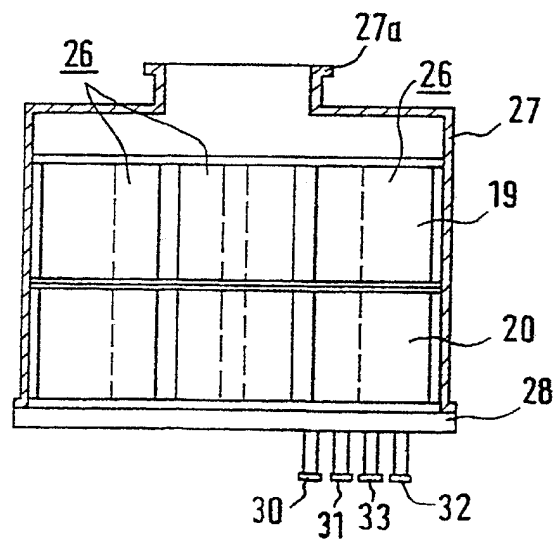


FIG. 3



3/7

3826710

FIG. 4

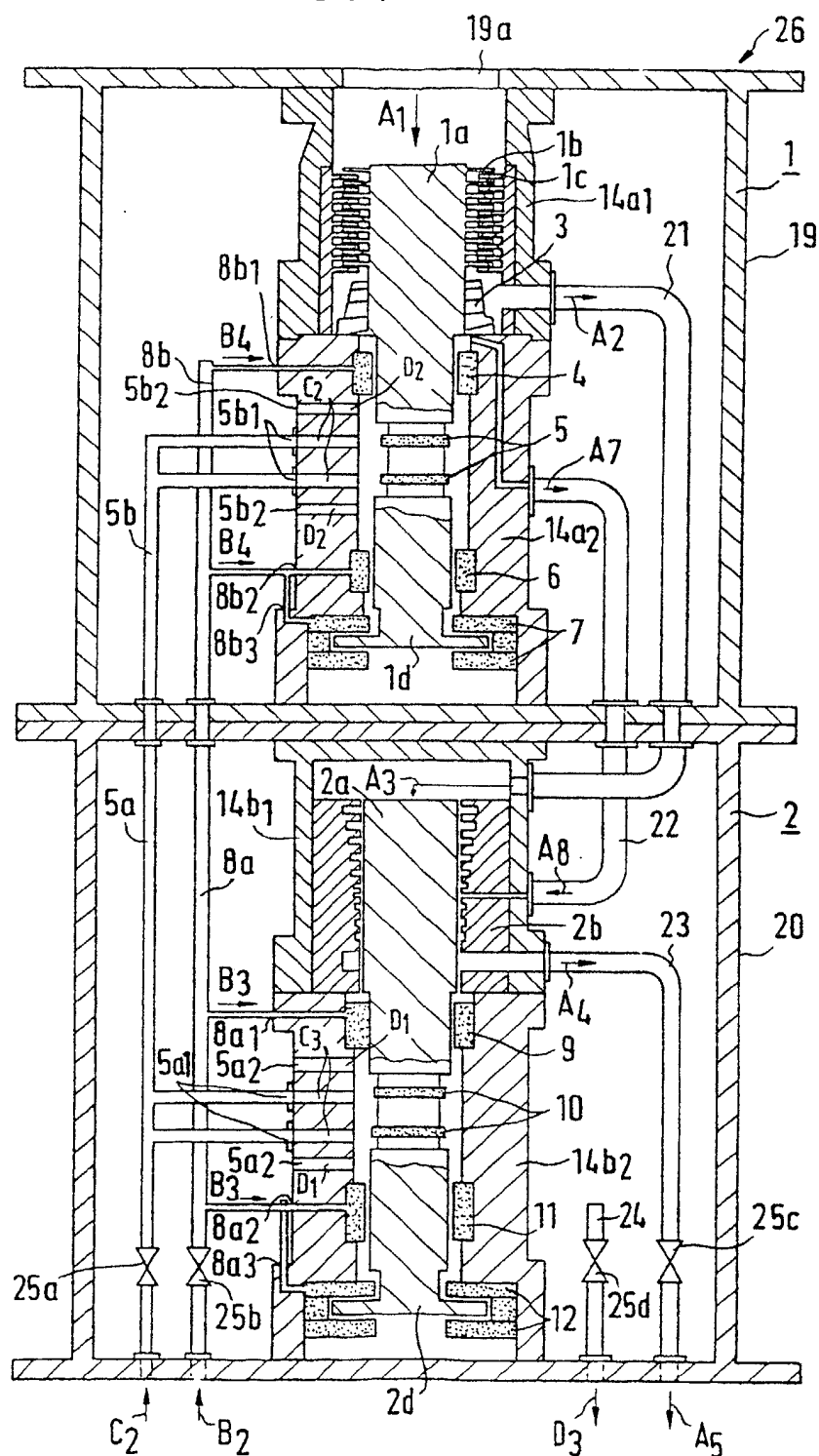


FIG. 5

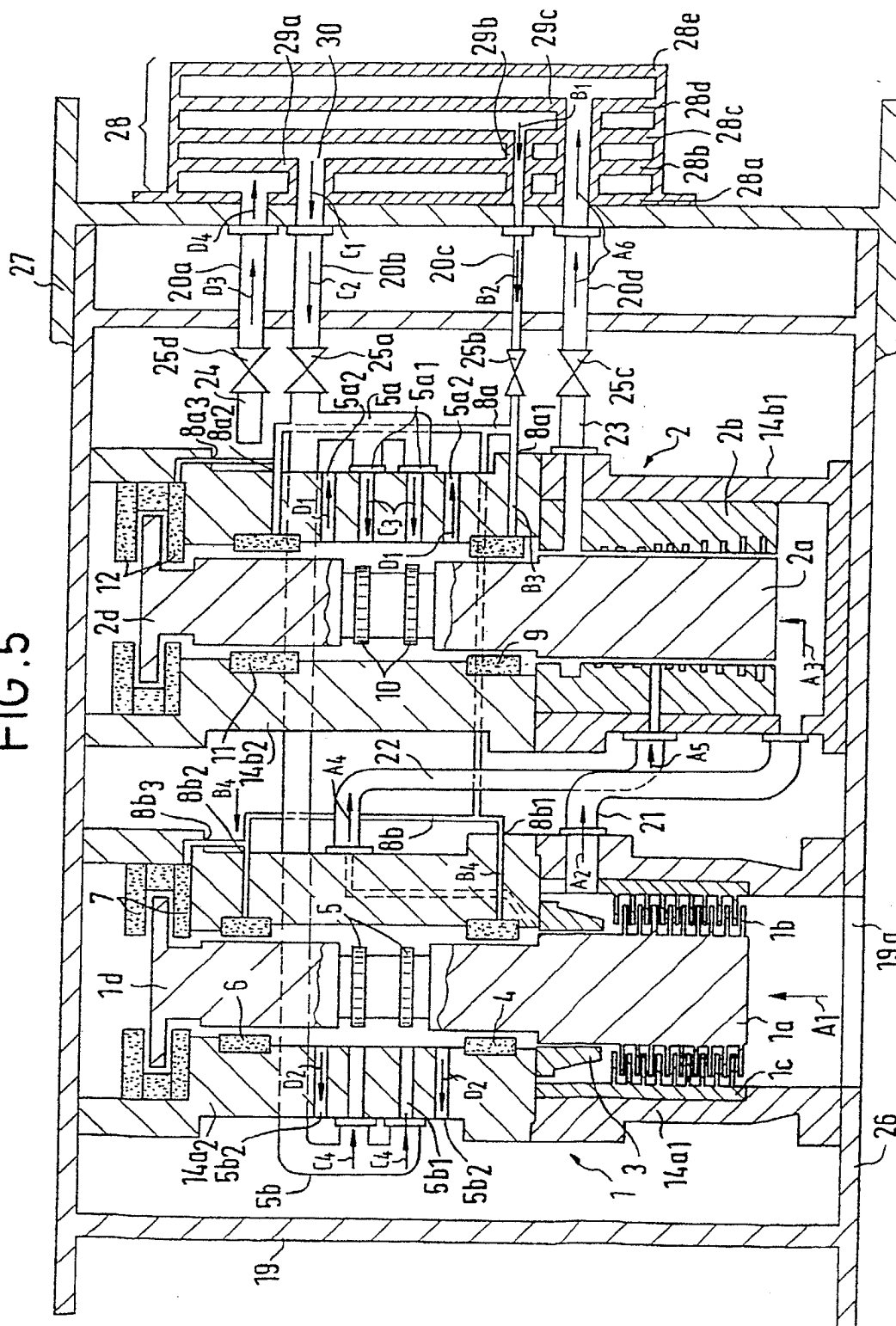
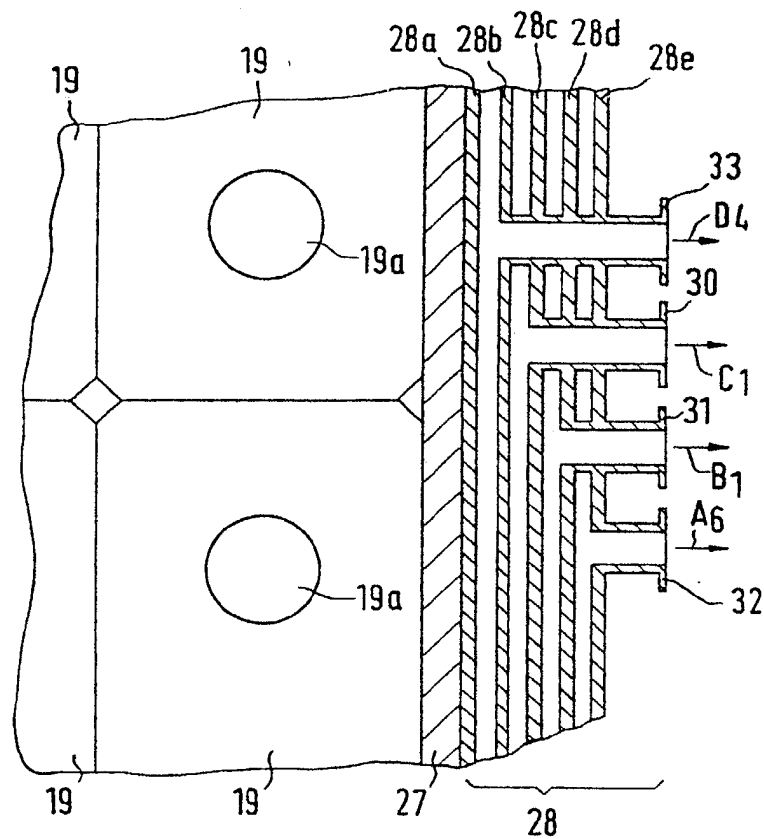


FIG. 6





6/7

3826710

FIG. 7

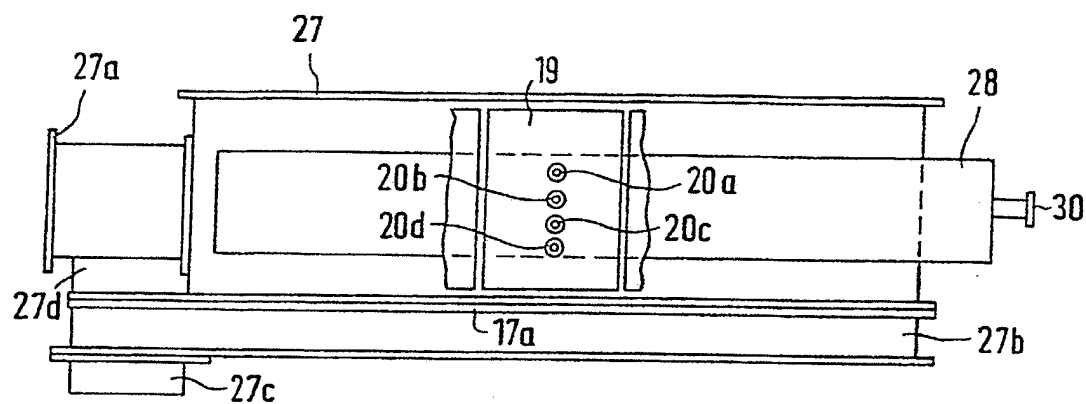


FIG. 8

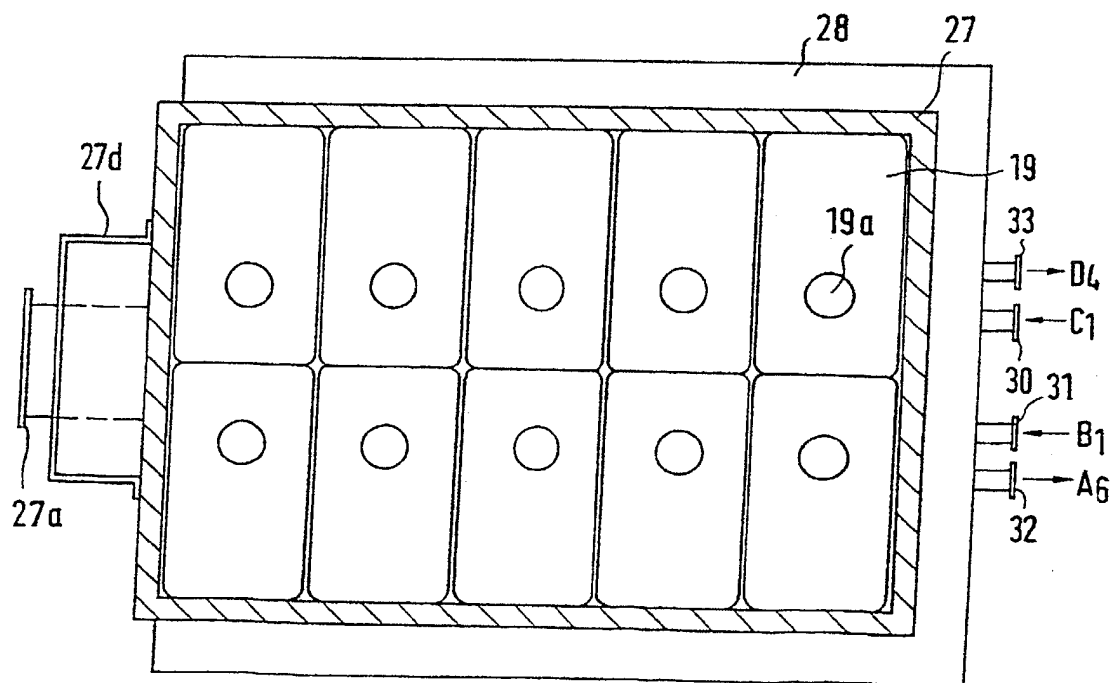


FIG. 9

